BACCALAURÉAT

SCIENCES ET TECHNOLOGIES INDUSTRIELLES

Spécialité génie électronique

Session 2011

Étude des Systèmes Techniques Industriels

Durée : 6 heures coefficient : 8

LE POÊLE À PELLETS

Tout document interdit

Calculatrice à fonctionnement autonome autorisée
(Circulaire 99-186 du 16/11/99)

Ce sujet comporte :

A- Analyse fonctionnelle du système : A1 à A5

B- Construction mécanique :
- Questionnaire : B1 à B3
- Documents réponse : BR1 à BR4
- Documentation : BAN1 à BAN3

C- Électronique :
- Questionnaire : C1 à C10
- Documents réponse : CR1 à CR5
- Documentation : CAN1 à CAN7

Vous répondrez aux questions sur copie d'examen en séparant la partie mécanique de la partie électronique.

Les documents réponse sont à rendre dans tous les cas avec votre copie même si vous n'y avez pas répondu.

ANALYSE FONCTIONNELLE

1. Mise en situation

Les poêles à pellets (ou granulés de bois) sont la version moderne et pratique du poêle à bois traditionnel.

Dans le contexte actuel de recherche d'économie d'énergie et de développement durable, le remplacement des dispositifs de chauffage individuels traditionnels (les vieux poêles au rendement très inférieur à 70%) par des poêles à granulés de bois à haut rendement est particulièrement recommandé.

En plus de la régulation de température et de puissance de chauffe, les poêles modernes actuels intègrent un dispositif électronique de régulation d'apport en pellets, d'extraction des fumées et de ventilation permettant d'obtenir un rendement optimum.

Le dispositif de commande électronique permet aussi un niveau de sécurité de fonctionnement accru en intégrant de nombreux dispositifs de contrôles et de mesures.

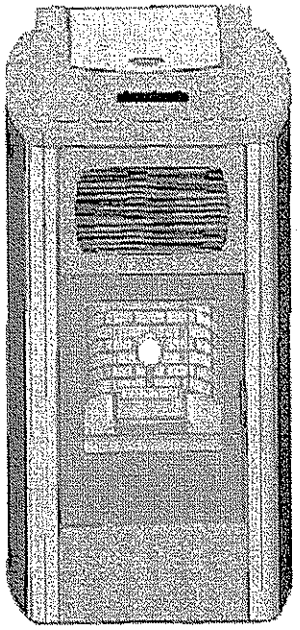


Figure 1

LES PELLETS

On appelle pellets, les granulés de bois compactés utilisés comme combustible pour le chauffage. Le calibre des granulés de bois varie entre 6 et 8 mm pour une longueur standard comprise entre 5 et 30 mm. Les pellets de bonne qualité présentent une masse volumique variant de 600 kg/m^3 à plus de 750 kg/m^3.

Les pellets procurent des avantages incontestables.

C'est un combustible écologique, car il permet de recycler au maximum les résidus de bois pour fournir une combustion plus propre que celle obtenue avec des combustibles fossiles. Les émissions de gaz nocifs dans l'atmosphère sont réduites de même que la production de cendres.

Il présente également plusieurs avantages techniques; il évite de la manutention par son conditionnement en sacs de 15 kg, très faciles à stocker. Il permet une autonomie du poêle de quelques jours ce qui est impossible avec les appareils traditionnels.

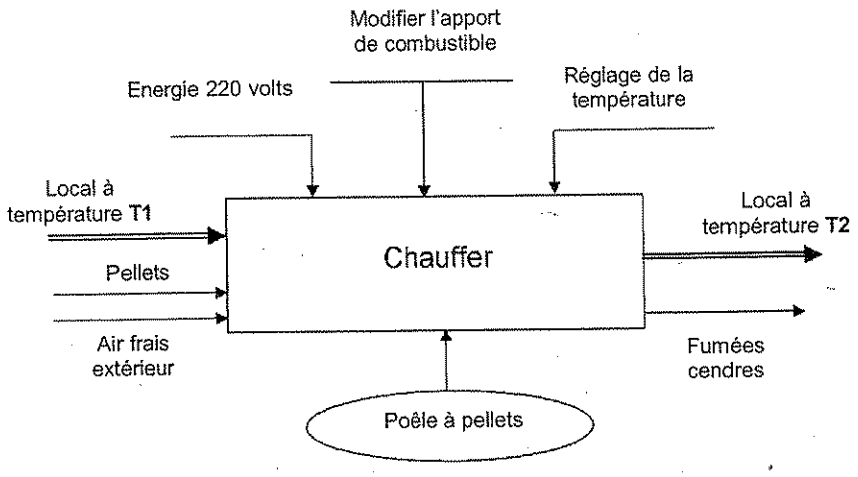
De plus, la puissance calorifique massique des granulés de bois est de 4,9 kW/kg alors que celle d'un bon bois de chauffage n'est que de 4,4 kW/kg.

2. Analyse fonctionnelle du produit

2.1. Fonction d'usage

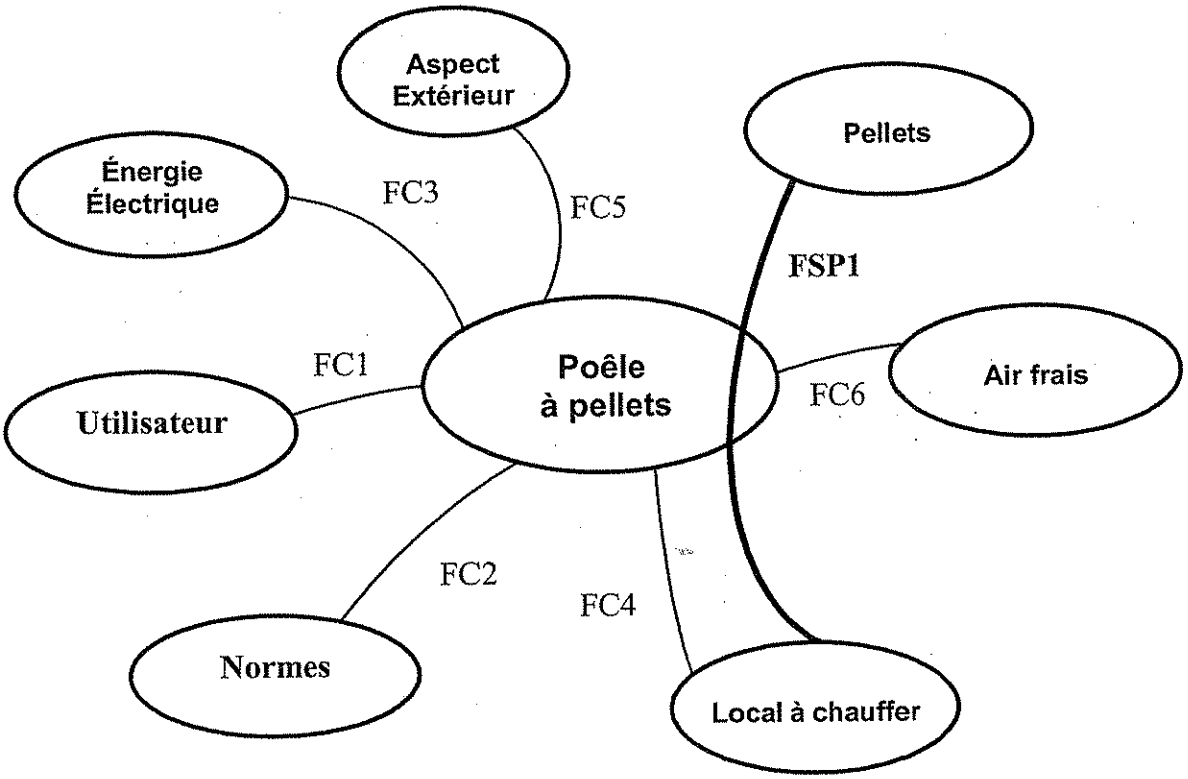
La fonction d'usage du poêle à pellets est de chauffer un local.

L'**actigramme** est le suivant :



2.2. Cahier des charges fonctionnel

Dans ce **diagramme des interacteurs**, les principaux éléments extérieurs du poêle sont représentés avec leurs associations.



Définition de la fonction de service et des fonctions contraintes :

FSP1 : chauffer un local avec des pellets.
FC1 : faciliter l'entretien et le réglage.
FC2 : respecter les normes.
FC3 : s'adapter au réseau.
FC4 : s'adapter au local.
FC5 : respecter l'esthétique.
FC6 : aspirer de l'air frais.

3. Présentation de l'objet technique

3.1. Constitution du poêle

PARTIES EXTÉRIEURES.

- **Carcasse** : (*Figure 1* page **A1**) composée de panneaux de matières différentes (fonte, céramique, tôles d'acier).
- **Tableau de bord** : (K) constitué de 3 boutons de réglages, de 2 boutons poussoirs et de 6 LED (voir paragraphe 3.4 page **A4**).

PARTIES INTÉRIEURES (*Figure 2*) .

- **Trémie** : (A) réservoir de combustibles (pellets).
- **Système d'alimentation en combustible** : composé d'un motoréducteur (C) entraînant une vis sans fin (B).
- **Chambre de combustion** : (D) composée d'une cavité en matériaux réfractaire, d'un creuset de réception des pellets et d'un dispositif d'allumage (E).
- **Système d'aspiration d'air** : ventilateur électrique (L) qui aspire l'air frais en (J) et évacue les fumées en (F).
- **Système d'air chaud** : ventilateur électrique (G) plus grille (H).

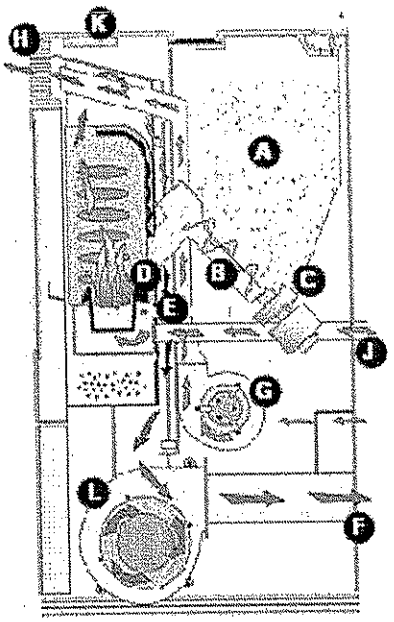


Figure 2

3.2. Principe de fonctionnement

Les granulés (pellets) sont versés à l'intérieur d'un réservoir (trémie) de 20 à 40 litres permettant d'assurer une autonomie de 15 à 72 heures.

Ils sont ensuite amenés grâce à une vis sans fin dans un petit creuset où une résistance électrique permet d'enflammer le combustible.

Des ventilateurs amènent l'air primaire (air frais) dans le foyer et soufflent l'air chaud dans la maison.

Tout ceci est contrôlé et régulé par un dispositif électronique à microprocesseur, en fonction de nombreux paramètres mesurés et de consignes.

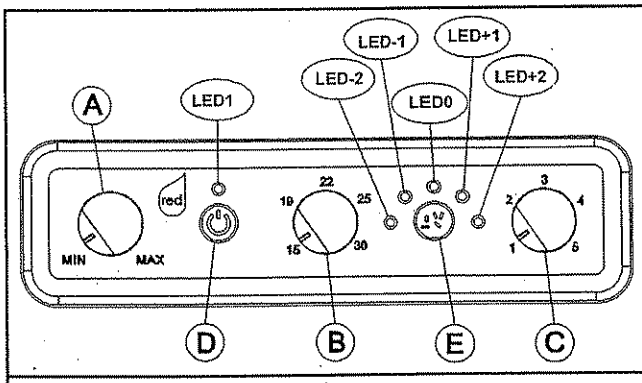
Un bac à cendres situé en dessous du creuset sera vidé toutes les 1 à 2 semaines seulement, suivant la qualité du granulé de bois.

3.3. Tableau des principales caractéristiques

Caractéristiques techniques	Valeurs
Puissance calorifique totale maximale	9,5 kw / 8170 kcal
Rendement maximal	94,1%
Température maximale des fumées en sortie	180°C
Capacité du réservoir	44 litres
Consommation horaire de pellets	Min~0,6 kg/h ; Max~2,0 kg/h
Tension et fréquence d'alimentation	230 Volt / 50 Hz
Masse nette	160 kg

3.4. Description du tableau de bord

Le tableau de bord permet à l'utilisateur de commander, régler et contrôler le fonctionnement du poêle.



Constitution :

A : Bouton de réglage de la ventilation
B : Bouton de réglage de la température
C : Bouton de réglage de la flamme
D : Touche d'allumage et d'extinction (ON/OFF)
E : Touche de chargement des granulés de bois
LED1 : LED bicolore (allumage/extinction/alarmes)
LED–2/ –1/ 0/ +1/ +2 : 5 LED jaune indiquent le niveau de chargement des granulés de bois (quantité de pellets) ou la signalisation d'alarme.

Indication de la **LED1** bicolore :

- **Éteinte :** Poêle en attente d'allumage
- **Verte :** Poêle allumé en régime normal
- **Orange en mode clignotant :** Extinction
- **Rouge :** Alarme en cours

Indication du niveau de chargement des granulés :

- **LED–2** = –20% de pellets
- **LED–1** = –10% de pellets
- **LED0** = aucune modification, réglage usine
- **LED+1** = +10% de pellets
- **LED+2** = +20% de pellets

3.5. Dispositifs de sécurité

Le poêle est équipé de différents dispositifs de sécurité.

- SONDE DE TEMPÉRATURE FUMÉES .

Elle relève la température des fumées, commande ou arrête l'approvisionnement en combustible lorsque la température des fumées descend au-dessous de la valeur programmée.

- SONDE DE TEMPÉRATURE DU RÉSERVOIR DE COMBUSTIBLE.

Si la température dépasse la valeur de sécurité (110°C), cette sonde interrompt immédiatement le fonctionnement du poêle. Il sera nécessaire de réarmer manuellement la sonde pour redémarrer le poêle après refroidissement.

- SÉCURITÉ ÉLECTRIQUE.

L'alimentation électrique du poêle et de la carte électronique sont protégées par fusibles.

- RUPTURE DU VENTILATEUR D'ÉVACUATION DES FUMÉES.

Si le ventilateur s'arrête, l'approvisionnement en pellets s'arrête immédiatement et un message d'alarme s'affiche.

- RUPTURE DU MOTORÉDUCTEUR.

Si le motoréducteur s'arrête, le poêle continue à fonctionner jusqu'à ce qu'il atteigne le niveau minimum de refroidissement.

- ABSENCE MOMENTANÉE DE COURANT ÉLECTRIQUE.

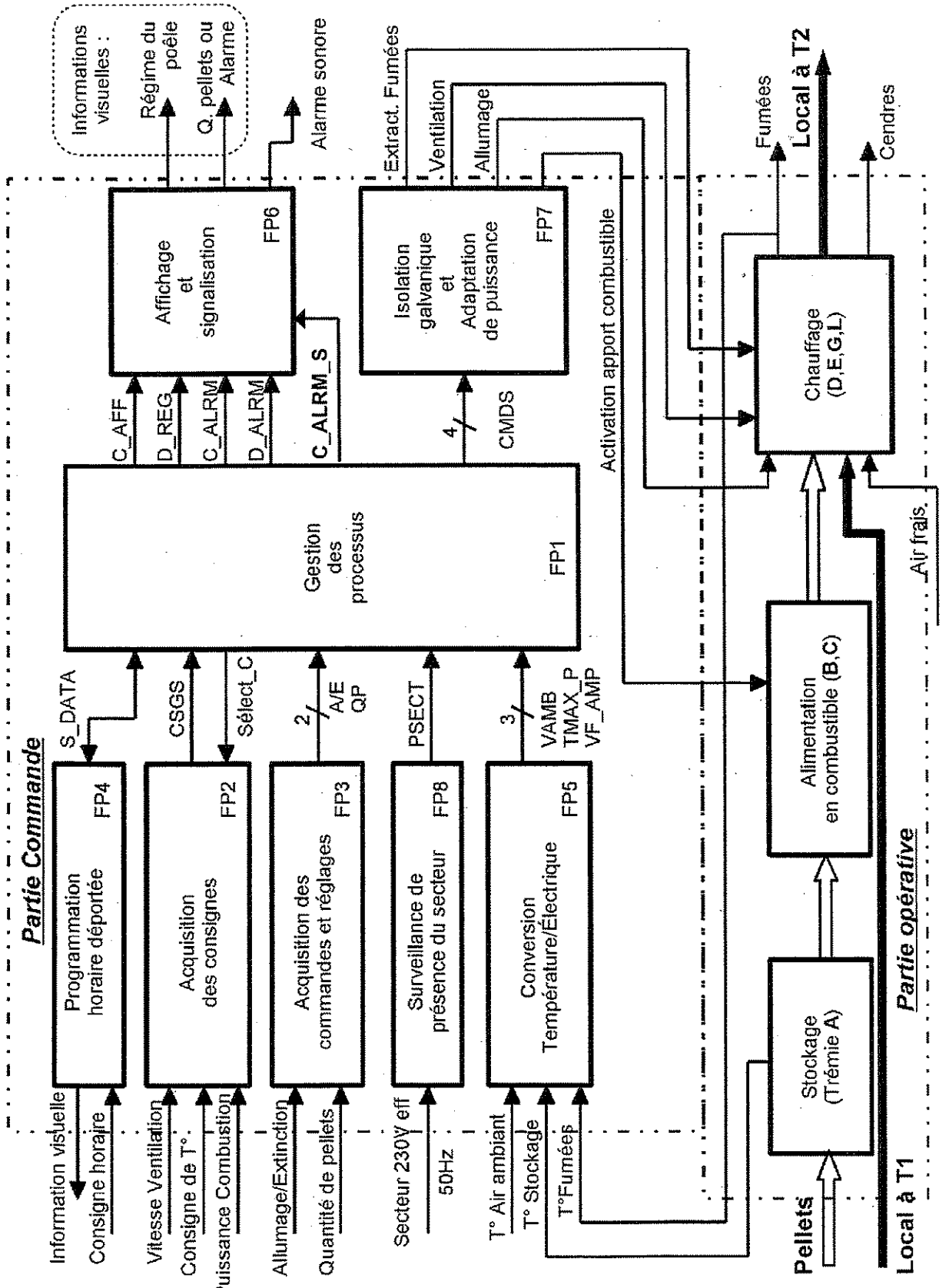
Si une coupure de courant électrique intervient pendant le fonctionnement du poêle, les réglages sont conservés. Au rétablissement du courant, le poêle se met en refroidissement.

- ALLUMAGE MANQUÉ.

Si pendant la phase d'allumage aucune flamme n'apparaît, le poêle se met en position d'alarme.

4. Schéma fonctionnel de 1er degré du poêle à pellets

La partie électronique de commande des actionneurs du poêle est décomposée en 8 fonctions principales repérées **FP1** à **FP8**.



BACCALAURÉAT

SCIENCES ET TECHNOLOGIES INDUSTRIELLES

Spécialité génie électronique

Session 2011

Étude des Systèmes Techniques Industriels

LE POÊLE À PELLETS

Électronique

Durée Conseillée : 4 h 30

Lecture du sujet :	**15 min**
Partie A :	**15 min**
Partie B :	**10 min**
Partie C :	**60 min**
Partie D :	**15 min**
Partie E :	**50 min**
Partie F :	**20 min**
Partie G :	**30 min**
Partie H :	**55 min**

SUJET

Note importante pour la lecture des schémas structurels.

– Le symbole Ω n'apparait pas sur l'indication des valeurs des résistances.
Exemples :
120 correspond à 120 Ω;
3.9k correspond à 3,9 kΩ;
1M correspond à 1 MΩ.

– Le symbole F n'apparait pas sur l'indication des valeurs des condensateurs.
Exemples :
1u correspond à 1 µF;
10n correspond à 10 nF.

Partie A: analyse fonctionnelle

Q1. Relever deux avantages apportés par l'intégration de l'électronique dans un poêle.

Q2. Indiquer la valeur du rendement maximal du poêle à pellets.

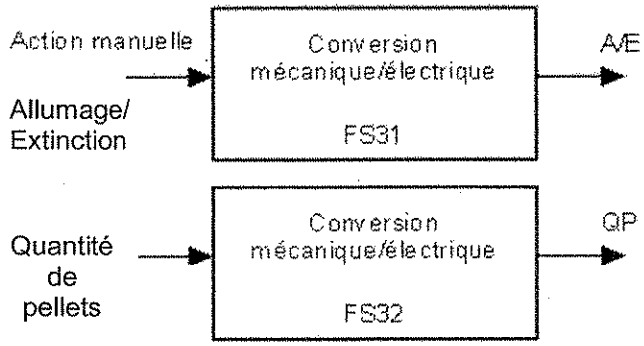
Q3. Citer deux avantages de l'usage de pellets comme combustible.

Q4. Relever le comportement du dispositif de sécurité lorsque la température du réservoir de pellets dépasse 110°C.

Partie B: étude de FP3 « acquisition et commande de réglage »

L'étude va permettre de valider la conversion d'actions manuelles ponctuelles en signaux logiques qui seront interprétés par la fonction de gestion FP1.

Le schéma fonctionnel de 2ème degré de FP3 est le suivant :

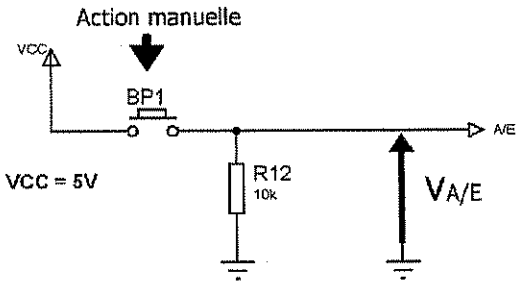


En entrée, les actions manuelles consistent en un ou plusieurs appuis sur un même bouton poussoir.

En sortie, A/E ou QP sont des niveaux logiques significatifs de l'action manuelle.

Les structures associées aux fonctions FS31 et FS32 sont identiques, l'étude ne portera que sur FS31.

Schéma structurel de FS31



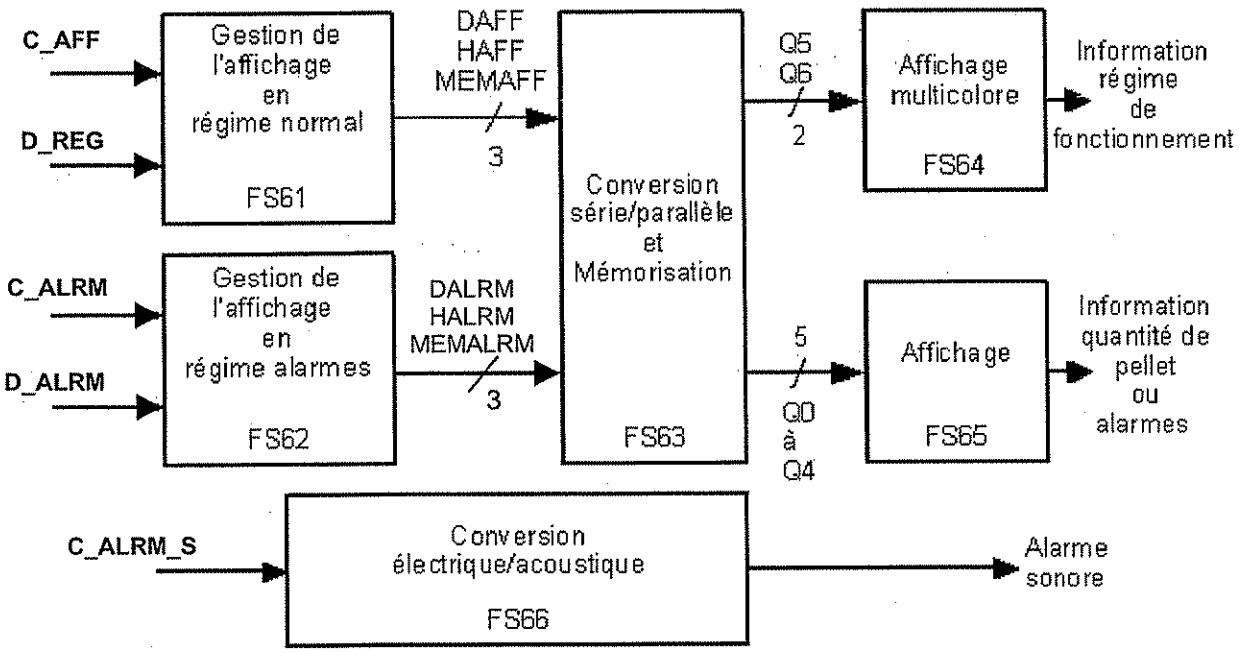
Q5. Pour quel état (ouvert ou fermé) de BP1 R12 est-elle utile ? En déduire le nom qui est couramment donné à cette résistance.

Q6. Compléter le tableau résumant le fonctionnement (page **CR1**).

Partie C: étude de FP6 « affichage et signalisation »

L'étude va permettre de valider le fonctionnement du dispositif d'affichage qui permettra à l'utilisateur d'identifier un mode de fonctionnement du poêle.

Le schéma fonctionnel de 2ème degré de FP6 est donné ci-dessous :



Les fonctions FS61 et FS62 sont des fonctions logicielles. Les signaux d'entrées de FS61 et FS62 sont issus de la fonction « gestion des processus » FP1 et ne sont pas étudiés (schéma fonctionnel de 1ér degré, page **A5** sur le document analyse fonctionnelle).

Les signaux de sorties de FS61 et FS62 sont :

- DAFF : mot binaire de 7 bits transmis en série ;
- HAFF : horloge de synchronisation de la transmission active sur un front montant ;
- MEMAFF : niveau logique autorisant l'affichage des données transmises. Les données sont affichées si MEMAFF = 1; l'affichage est éteint si MEMAFF = 0.

Les fonctions FS63, FS64 et FS65 sont des fonctions matérielles, dont le schéma structurel est fourni (page **CR1**).

Étude de FS61 « gestion de l'affichage en régime normal »

Le microcontrôleur utilise des données constantes mémorisées en octets dans des tables en EEPROM pour gérer l'affichage. L'expression des données en hexadécimal est la plus usitée pour la programmation.

Q7. Dans le tableau (page **CR1**), reporter la valeur hexadécimale (Hexa) des octets indiqués en binaire.

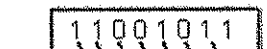
Ces données sont utilisées par FS61 pour l'envoi en série sur DAFF des 7 bits d'informations à afficher.

L'algorithme employé par le microcontrôleur pour l'envoi en série des 7 bits est le suivant :

```
Lire dans la table l'octet de donnée à afficher
Sortir le LSB (b0) de l'octet lu sur DAFF
Générer une impulsion sur HAFF
Répéter (6 fois)
    Décalage vers la droite des données binaires (Nota)
    Sortir le LSB (b0) de l'octet obtenu sur DAFF
    Générer une impulsion sur HAFF
Fin_répéter
```

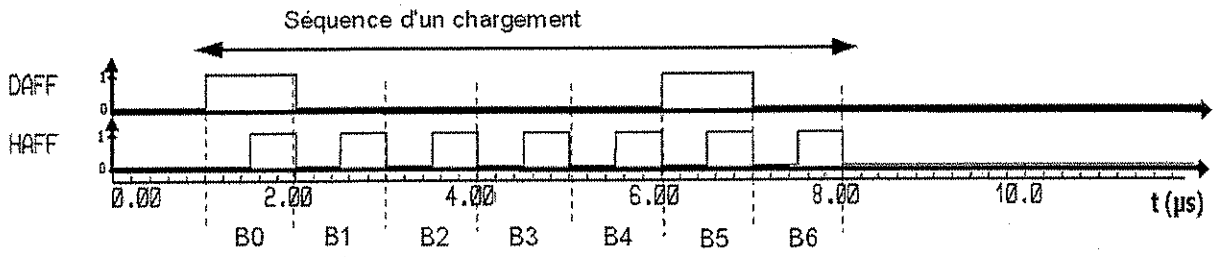
Nota : l'action « Décalage vers la droite des données binaires » consiste à décaler de 1 rang vers la droite chacun des bits de l'octet considéré (le bit b0 est perdu, le bit b1 prend la place du bit b0, le bit b2 prend la place du bit b1, etc).

Exemple : avant le décalage



après un décalage

On a relevé les chronogrammes de DAFF et HAFF correspondants à un envoi de 7 bits de données à afficher (une séquence de chargement). Ils sont donnés ci-dessous.



Q8. Identifier en complétant avec une croix (X) la ligne du tableau (page **CR1**) qui correspond au chronogramme représenté de DAFF.

Étude de FS63 « conversion série/parallèle et mémorisation »

On se propose d'établir la forme des signaux obtenus sur les 7 sorties Q0 à Q6 de FS63. Ils permettront, par l'intermédiaire de FS64 et FS65, d'informer l'utilisateur sur le fonctionnement du poêle.

On rappelle que le schéma structurel est fourni (page **CR1**).

On a relevé les signaux présents sur DAFF, HAFF et MEMAFF (page **CR2**). Ces signaux correspondent à un fonctionnement normal du poêle.

Un extrait de la documentation technique de U1 (74HC4094) est présenté (page **CAN1**).

Q9. Encadrer sur le document réponse (page **CR1**), la structure associée à la fonction FS63.

Q10. Par déduction, relever les fonctions réalisées par le circuit intégré U1.

Q11. Établir les chronogrammes des sorties Q0 à Q6 de U1 sur le document réponse (page **CR2**) en fonction des signaux DAFF, HAFF et MEMAFF.

Étude de FS64 et FS65 « affichage des informations de fonctionnement »

On rappelle que V_{OH} est une tension de sortie au niveau logique 1 et V_{OL} une tension de sortie au niveau logique 0.

On rappelle que le schéma structurel est fourni (page **CR1**).

U1 est alimenté par la tension VCC = 5 V.

Un extrait de la documentation technique de U1 (74HC4094) est présenté (page **CAN1**).

Des extraits des documentations techniques de LED1 (MCL039) sont présentés (page **CAN2**).

Q12. Encadrer sur le document réponse (page **CR1**), les structures associées aux fonctions FS64 et FS65.

Q13. Établir l'expression littérale du courant I_{led} circulant dans D1-1 quand celle-ci est allumée. Vous ferez apparaître dans l'expression le paramètre employé par le constructeur pour la tension alors présente en sortie Q6 de U1.

Q14. On choisira, pour la LED verte D1-1, une tension directe V_F=2,1 V. Calculer la valeur numérique de I_{led}. Justifier sa conformité en précisant « la donnée constructeur » à prendre en compte.

Q15. On considère le mot binaire 1000010 présent sur les sorties Q6 à Q0 de U1, indiquer l'état des 7 LED (éteinte ou allumée) dans le tableau (page **CR2**).

Q16. Valider la cohérence des informations affichées par FS64 et FS65 en complétant le tableau (page **CR2**) à l'aide des indications de fonctionnement du tableau de bord du poêle (décrites dans le document analyse fonctionnelle page **A4**).

Partie D: étude d'un cas de dysfonctionnement

L'étude va vous permettre d'identifier l'élément mis en cause dans le cas d'un mauvais fonctionnement signalé par le tableau de bord du poêle.

L'affichage à LED de FS65 permet aussi d'informer l'utilisateur sur des anomalies de fonctionnement (page **CAN3**).

Dans le cas présent, l'utilisateur est alerté pour un mauvais fonctionnement : la LED1 indique une alarme et la LED–2 est allumée. Il examine le poêle et constate que :

- le pot de combustion est propre et la chambre hermétique ;
- le réservoir de pellets n'est pas vide ;
- la bougie d'allumage s'allume mais il n'y a pas de flammes ;
- les pellets n'arrivent pas dans le pot de combustion.

Il appelle le dépanneur qui constate à son tour que :

- la vis sans fin ne tourne pas ;
- le motoréducteur ne fonctionne pas et n'est pas sous tension.

Le dépanneur dispose dans son manuel de service d'un algorigramme de dépannage en cas d'alarme par la LED–2 (page **CR3**).

Q17. Identifier un des types de dysfonctionnement signalé par l'alarme LED–2.

Q18. Tracer avec un stylo de couleur sur l'algorigramme de dépannage (page **CR3**), le cheminement menant à la solution préconisée.

Q19. Entourer sur l'algorigramme de dépannage (page **CR3**) la proposition obtenue (une des cases grisées).

Partie E: étude de FP1 « gestion des processus »

L'objectif de l'étude est de valider que le microcontrôleur utilisé a les capacités pour assurer la gestion des processus nécessaires au fonctionnement du poêle.

Cette fonction est réalisée par un microcontrôleur ATmega32.

Un extrait de la documentation de l'ATmega32 est fourni (page **CAN4**).

Le schéma structurel associé à FP1 est donné (page **CAN3**).

Q20. Définir la principale différence de comportement qui caractérise une mémoire à donnée volatile (aussi appelée mémoire altérable) par rapport à une mémoire à donnée permanente.

Q21. Donner les 2 types de mémoire à donnée volatile utilisés couramment dans les systèmes industriels.

Q22. Relever la capacité disponible et le type de mémoire à donnée volatile de l'ATmega32.

Q23. Préciser le type de donnée stockée en mémoire SRAM.

Q24. Expliquer ce qu'est une mémoire EEPROM.

Q25. Sachant que la sauvegarde d'un paramètre de réglage est stockée sur 2 mots de 8 bits, calculer le nombre maximal de paramètres pouvant être sauvegardés en mémoire EEPROM de l'ATmega32.

Q26. La mémoire de programme de l'ATmega32 est une mémoire FLASH. Citer deux autres utilisations de mémoire FLASH dans le domaine grand public.

Le programme est mémorisé entre l'adresse 0000h et 3803h. Chaque instruction qui le compose nécessite 2 octets.

Un octet d'instruction nécessite un cycle (une période) de l'oscillateur d'horloge pour être exécuté par l'ATmega32.

L'horloge de l'ATmega32 utilise un oscillateur externe à quartz. Le schéma structurel est donné (page **CAN3**).

Q27. Calculer le nombre d'instructions du programme (en décimal).

Q28. Calculer combien d'instructions par seconde le microcontrôleur du poêle est capable d'exécuter.

Q29. Expliquer en quoi consiste la programmation « in situ ».

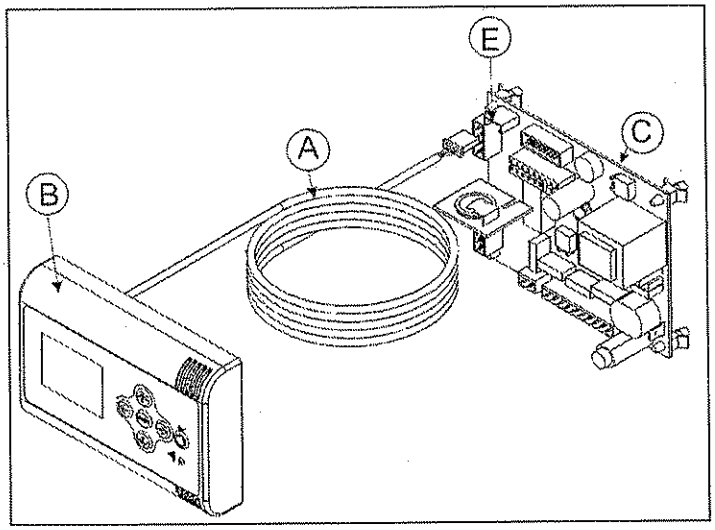
Q30. Justifier pourquoi la programmation « in situ » est particulièrement adaptée au modèle de microcontrôleur ATmega32 utilisé ici (page **CAN4**).

Partie F: étude de FP4 « programmation horaire déportée »

L'étude va permettre de valider les échanges d'informations entre FP1 (le microcontrôleur sur la carte mère) et le programmateur horaire FP4.

La fonction principale FP4 est représentée dans le schéma fonctionnel de 1er degré (page **A5** du document analyse fonctionnelle).

Le programmateur déporté, fixé sur un mur près du poêle, est en communication directe avec FP1 (en fait, avec le microcontrôleur sur la carte mère). Il permet l'affichage de la programmation horaire du chauffage et sa modification à l'aide d'un clavier.



DESCRIPTION DES ÉLÉMENTS

A : câble de liaison série 3 fils
B : programmateur horaire
C : carte mère du poêle (avec le microcontrôleur)
E : connecteur série

Les échanges de données (liaison S_DATA sur le schéma fonctionnel) entre le microcontrôleur et le programmateur horaire sont réalisés par l'intermédiaire d'une liaison série de type RS-232 (page **CAN5**).

Pour l'affichage, chaque caractère nécessite l'envoi du code ASCII lui correspondant. Un extrait de la table est fourni (page **CR4**).

Pour afficher l'heure sur le programmateur (par exemple **17:35**) 5 codes ASCII sont envoyés vers le programmateur par le microcontrôleur et via la liaison série en respectant le protocole de transmission.

Q31. Compléter la colonne « Décimal » de l'extrait de table de caractères ASCII (page **CR4**).

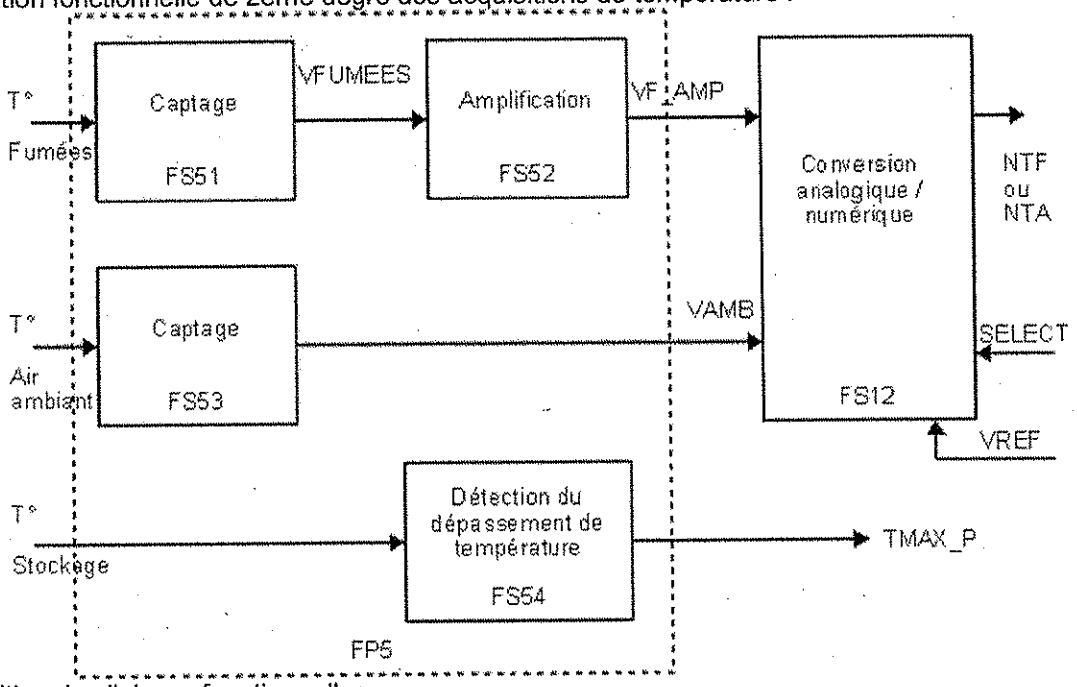
Q32. A l'aide de la documentation (page **CAN5**), établir (page **CR4**), le chronogramme de TXD pour l'envoi successif des caractères « 3 » et « 5 » afin d'afficher « 35 » sur l'écran du programmateur.

Q33. Sachant que la vitesse de transmission est configurée pour un débit de 9600 bps (bits par seconde), calculer la durée (en ms) d'une trame d'envoi d'un caractère.

Partie G: étude d'une chaine d'acquisition de température

L'étude va permettre de valider la chaîne d'acquisition de la température des fumées, grandeur essentielle pour FP1 dans l'optimisation du rendement du poêle.

Organisation fonctionnelle de 2ème degré des acquisitions de température :



Définition des liaisons fonctionnelles.

En entrées :

- T°Fumées : température des fumées comprise entre 30°C et 200°C.
- T°Air ambiant : température de l'air de la pièce à chauffer.
- T°Stockage : température de la réserve de pellets .
- SELECT : sélection de la grandeur à convertir (gérée par le microcontrôleur dans FP1).
- VREF : tension de référence pour la conversion. VREF = 2,56 V.

En sorties :

- VF_AMP ; VAMB : tensions analogiques représentatives des températures mesurées.
- NTF : mot binaire de 8 bits relatif à la valeur de la température des fumées.
- NTA : mot binaire de 8 bits relatif à la valeur de la température de l'air ambiant.
- TMAX_P : niveau logique significatif de la température maximale des pellets (110°C).

L'étude portera sur FP5 et FS12.

Étude de FP5 « conversion température / Électrique »

L'étude est limitée à l'acquisition de la température des fumées.

Étude de FS51.

La fonction Captage FS51 est basée sur l'utilisation d'un thermocouple et permet d'obtenir une tension image de la température des fumées. Voir la caractéristique (page **CAN6**).

Sachant que la fonction de transfert de la fonction captage FS51 est :

$VFUMEES = S \cdot T°Fumées\ (°C)$ avec S = constante de sensibilité en µV/°C.

Q34. Calculer S la constante de sensibilité du captage en µV/°C.

Q35. Compléter les colonnes Température et VFUMEES du tableau réponse (page **CR4**).

Étude de FS52.

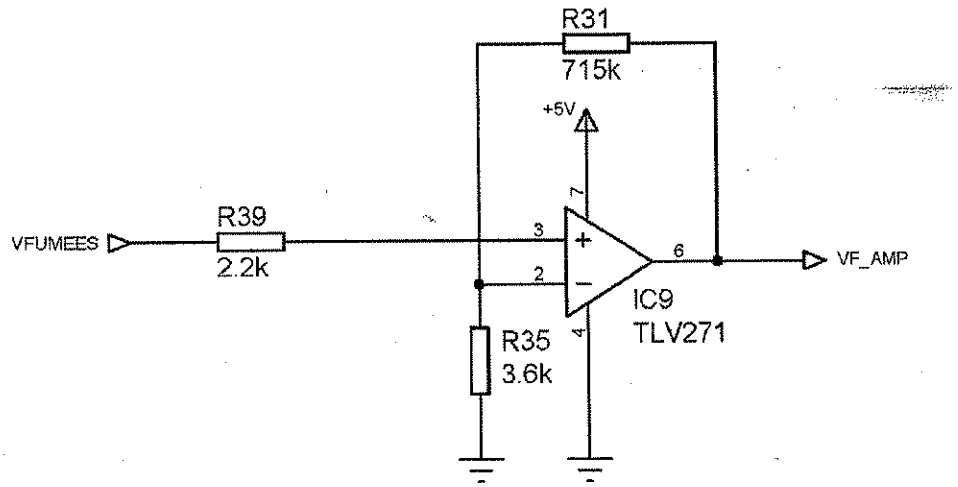
Le schéma structurel associé à la fonction amplification FS52 est donné (page **CAN6**).

Un extrait de la documentation technique de IC9 (TLV271) est présenté (page **CAN7**).

On a observé que la température des fumées évolue lentement, on peut donc considérer que la tension VFUMEES est quasiment continue sur la durée d'une mesure.

Q36. Dans ce cas, identifier le comportement des condensateurs C5, C10 et C17 du schéma structurel (page **CAN6**).

Pour la suite de l'étude de FS52, nous adopterons le schéma structurel simplifié suivant :



Q37. En vous aidant des applications typiques de l'amplificateur linéaire intégré TLV271 (page **CAN7**), identifier le nom de la structure réalisée par FS52.

Q38. Écrire la fonction de transfert littérale *VF_AMP = f(VFUMEES)* en utilisant les références des composants du schéma ci-dessus puis calculer sa valeur numérique.

Q39. Compléter la colonne VF_AMP du tableau réponse (page **CR4**).

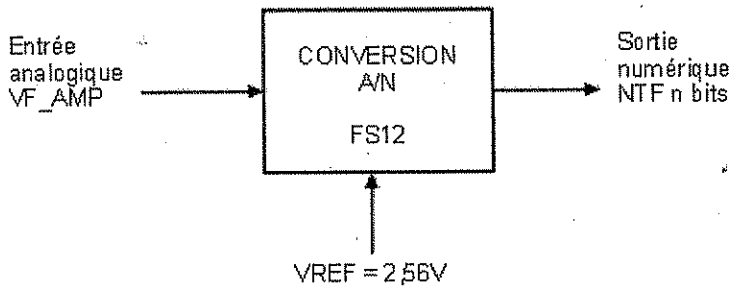
On rappelle que cette tension analogique VF_AMP est fournie à la fonction FS12 pour être convertie.

Étude de FS12 « conversion analogique/numérique »

On procède à la conversion de la tension VF_AMP en une valeur numérique binaire. Pour cela, on utilise le convertisseur analogique-numérique intégré au microcontrôleur (page **CAN4**).

Le microcontrôleur a sélectionné l'entrée VF_AMP et la référence de tension interne de 2,56 V.

Le schéma fonctionnel de FS12 se résume alors à la représentation suivante :



On définit pour NTF l'utilisation d'une valeur numérique binaire sur n = 8 bits.

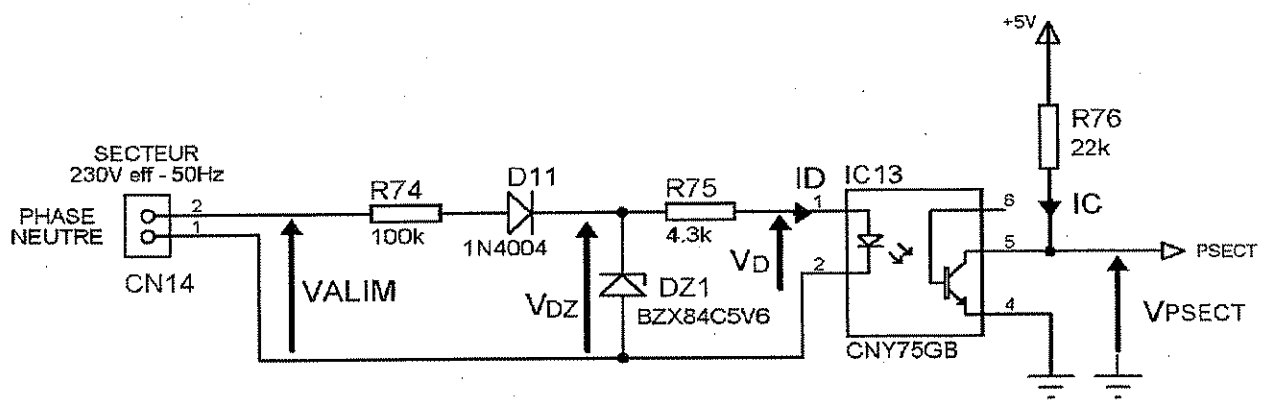
Q40. Compléter les deux dernières colonnes NTF (en décimal et en hexadécimal) du tableau réponse (page **CR4**).

Partie H: étude de FP8 « surveillance de la présence du secteur »

Par cette étude vous allez valider le dispositif de sauvegarde des paramètres de réglage du poêle en cas de défaillance du secteur.

La fonction principale FP8 est représentée dans le schéma fonctionnel de 1er degré (page **A5** du document analyse fonctionnelle).

Schéma structurel de FP8 :



Un extrait de la documentation de l'optocoupleur CNY75GB est fourni (page **CAN2**).

En cas d'une coupure du secteur EDF, le microcontrôleur utilise le signal PSECT issu de FP8 pour déclencher la sauvegarde des paramètres de réglage en EEPROM avant la chute de l'alimentation VCC.

Q41. Rappeler la fonction principale d'un optocoupleur. Justifier l'utilisation de IC13 dans ce contexte.

Q42. Avec les signaux VALIM et V_{DZ} représentés sur le document réponse (page **CR5**), compléter les chronogrammes de VD et de VPSECT en précisant les amplitudes des signaux (page **CR5**).

Q43. Identifier la condition sur VALIM pour laquelle le transistor de l'optocoupleur IC13 sera traversé par un courant IC.

Dans cette condition de fonctionnement, on se propose de vérifier que l'optocoupleur IC13 travaille bien en régime saturé.

Q44. Donner l'expression puis calculer la valeur du courant ID traversant la résistance R75.

Q45. Donner l'expression puis calculer la valeur du courant IC traversant le transistor de l'optocoupleur IC13 (prendre les valeurs typiques).

Q46. Montrer que le transistor de l'optocoupleur IC13 est bien saturé (utiliser le coefficient de sursaturation k).

Le signal PSECT est exploité sur chaque front descendant par le microcontrôleur pour détecter la présence du secteur. L'absence d'un front descendant signale l'absence du secteur.

Q47. À l'étude des chronogrammes (page **CR5**), déterminer le temps maximal de détection de l'absence secteur par le microcontrôleur. On l'appellera Tdétect.

Q48. À l'aide des caractéristiques du microcontrôleur (page **CAN4**), calculer le temps (qu'on appellera Tparam) nécessaire à la sauvegarde en EEPROM des paramètres de réglage du poêle, soit dix octets.

Des mesures pratiques ont permis de constater que le temps de disparition de l'alimentation VCC du microcontrôleur après la disparition du secteur est au minimum de Talim_off = 300 ms.

Q49. Écrire la condition entre Tdétect, Tparam et Talim_off afin de valider le bon fonctionnement du dispositif de sauvegarde lors d'une coupure du secteur.

DOCUMENTS RÉPONSE

DR1 : question Q6.

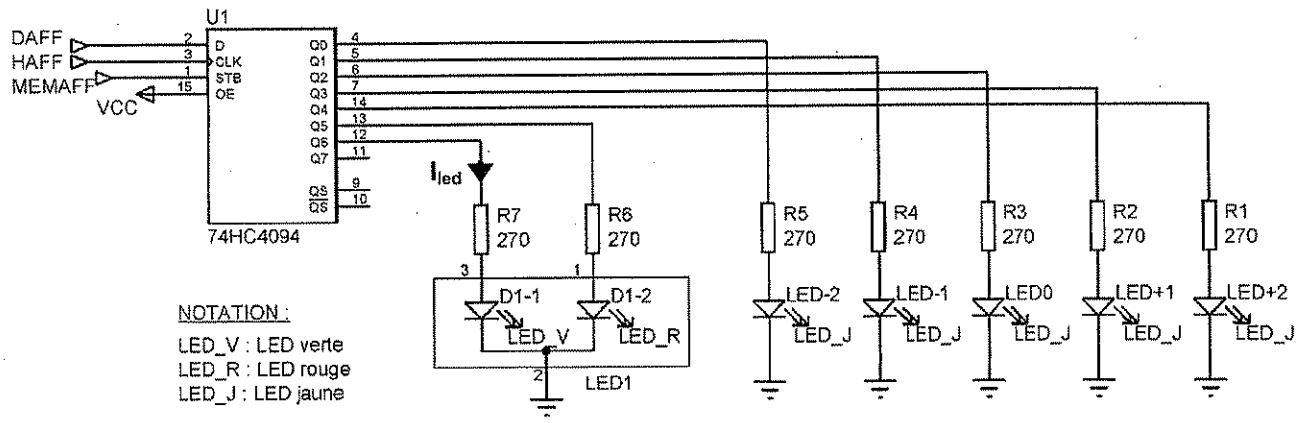
Action manuelle	État de BP1 (Ouvert ou Fermé)	VA/E (en V)	Niveau logique sur A/E (1 ou 0)
En appui			
Relâché			

DR2 : questions Q7 et Q8.

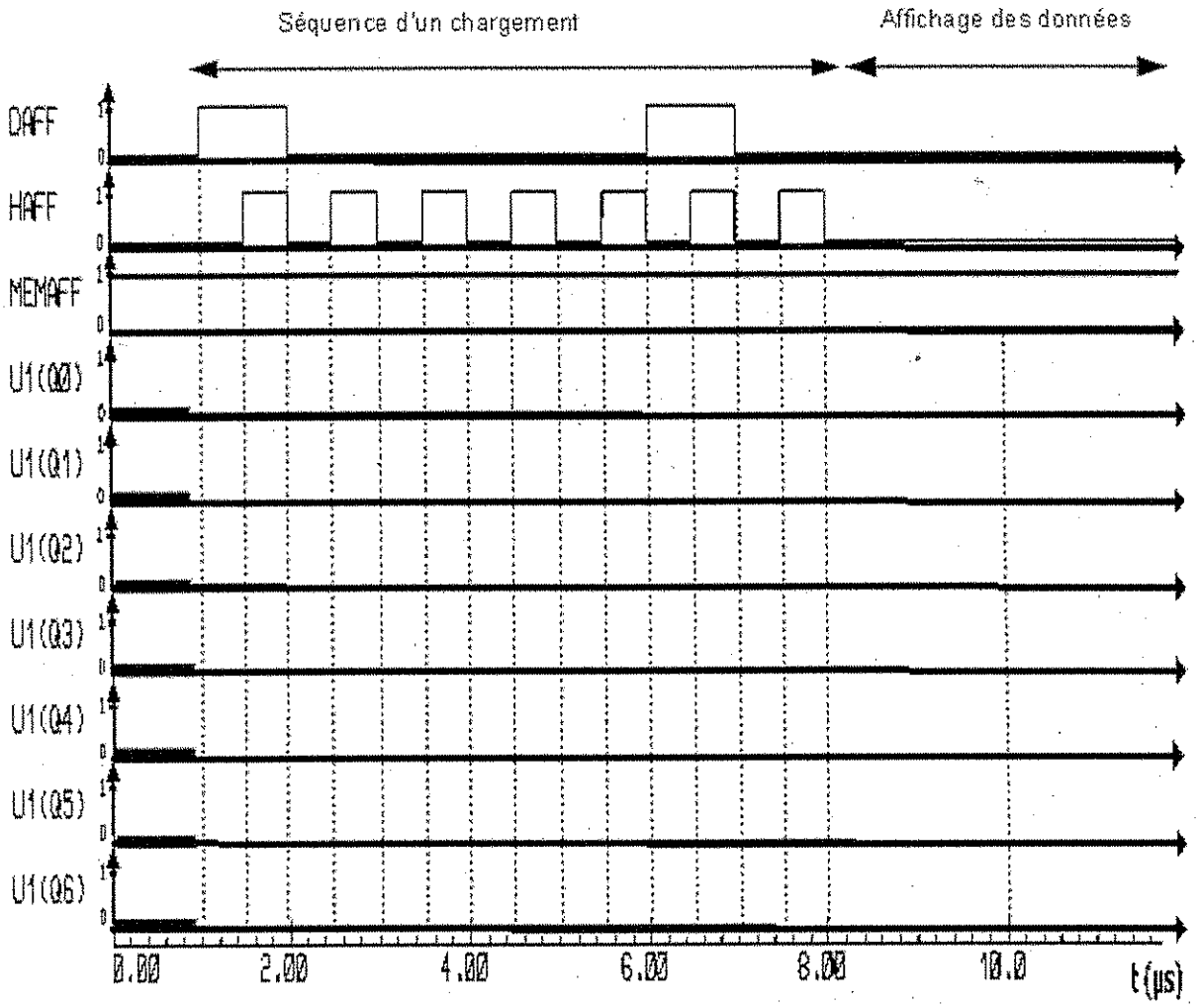
Q7									Q8
Octets à mémoriser (pour un fonctionnement normal)									Valeur correspondantes au chronogramme représenté de DAFF (Mettre une X)
En binaire								En Hexa	
b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0		
0	0	0	0	0	1	0	1		
0	0	0	0	1	0	0	1		
0	0	0	1	0	0	0	1		
0	0	1	0	0	0	0	1		
0	1	0	0	0	0	0	1		

DR3 : questions Q9 et Q12.

Schéma structurel des fonctions FS63, FS64 et FS65 :



DR4 : question Q11.



DR5 : question Q15.

LED1 (D1-1) Verte	LED1 (D1-2) Rouge	LED-2	LED-1	LED0	LED+1	LED+2

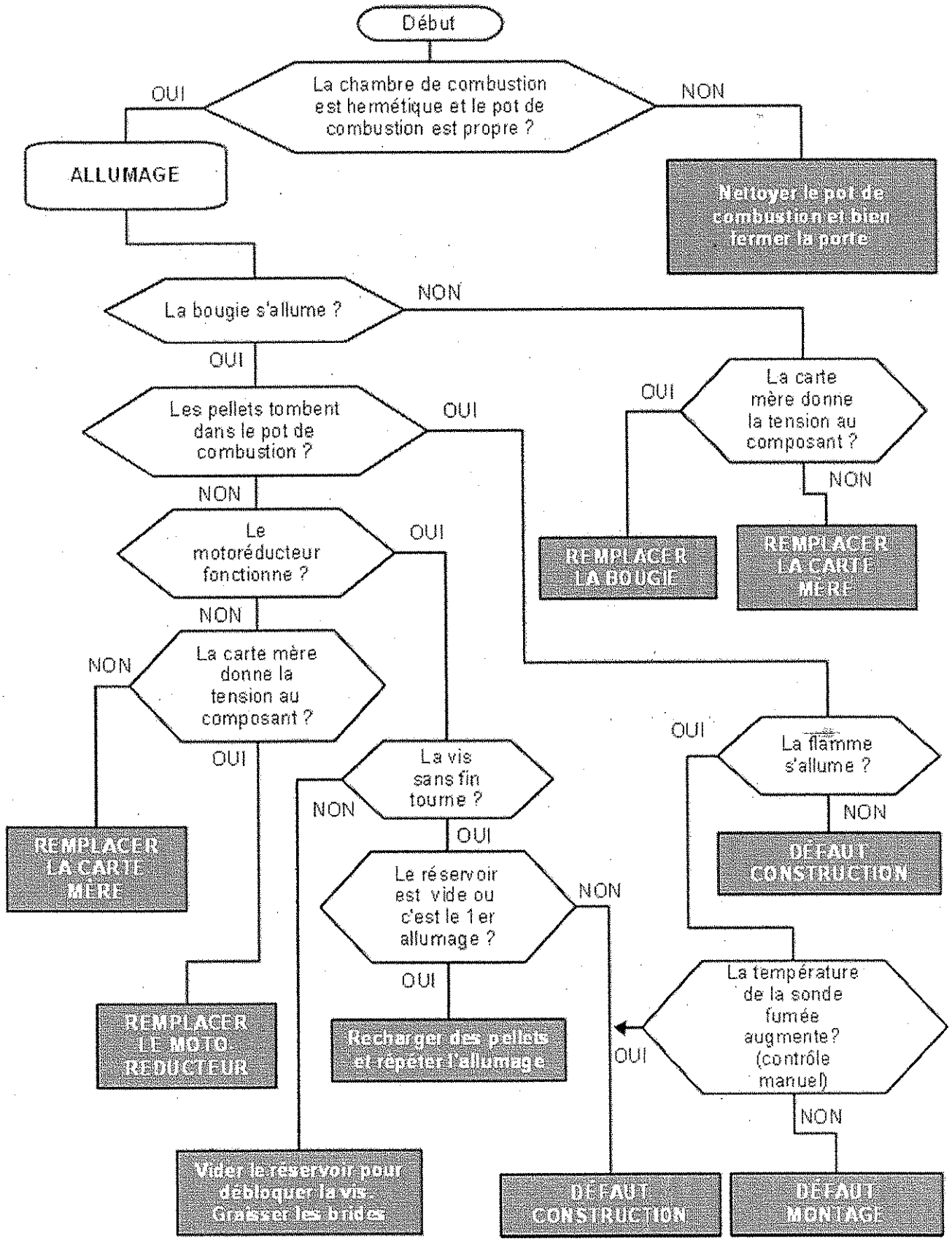
À compléter avec : **E** pour Éteinte ou **A** pour Allumée

DR6 : question Q16.

FS64	État de fonctionnement du poêle	
FS65	Quantité d'apport de pellets	

DR7 : questions Q18 et Q19.

Algorigramme de dépannage; **ALARME : LED –2**

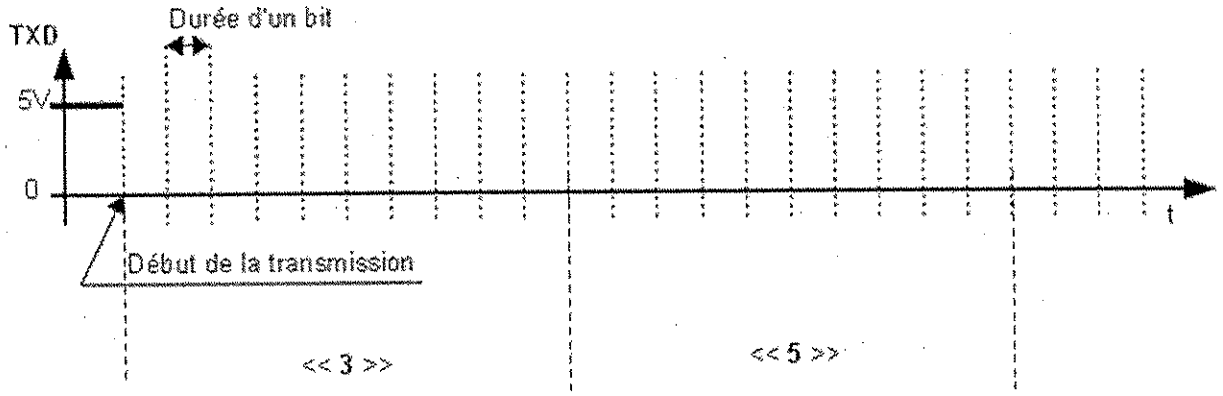


DR8 : question Q31.

Extrait de la table de caractères ASCII :

Caractères ASCII	En binaire	En Décimal
3	0 0 1 1 0 0 1 1	
4	0 0 1 1 0 1 0 0	
5	0 0 1 1 0 1 0 1	
:	0 0 1 1 1 0 1 0	

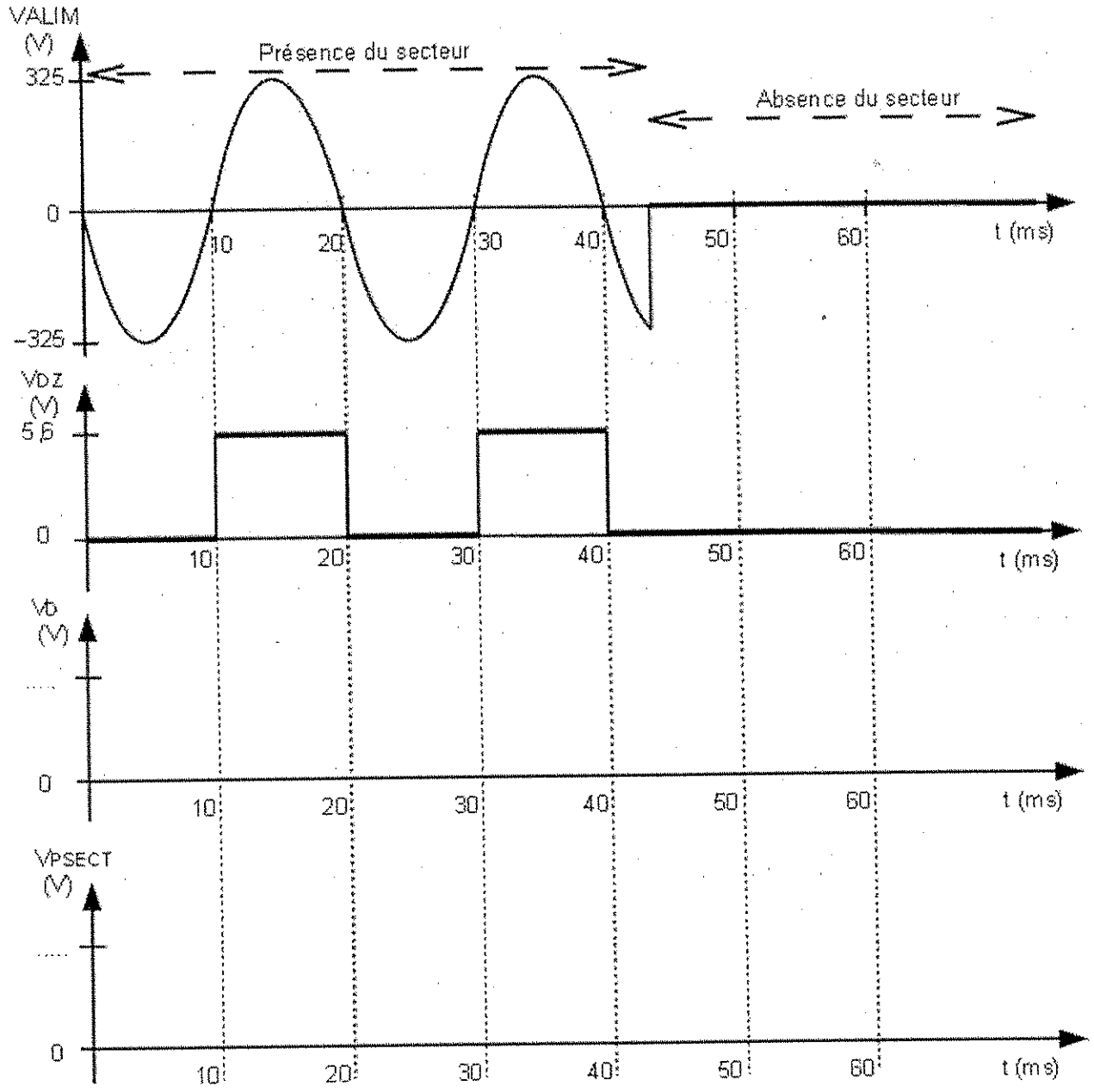
DR9 : question Q32.



DR10 : questions Q35, Q39 et Q40.

Q35		Q39	Q40	
Température (°C)	VFUMEES (mV)	VF_AMP (V)	NTF (en décimal)	NTF (en hexadécimal)
150				
	2,5			

DR11 : question Q42.



DOCUMENTATION

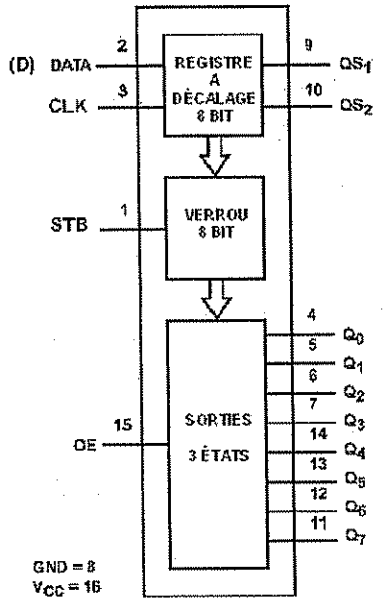
Registre à décalage 8 étages, à verrouillage 74HC4094

Description fonctionnelles

Le 74HC4094 est constitué d'un registre à décalage de 8 étages associé à un verrou 8 bits qui permet de transformer l'information reçue en série sur l'entrée D en une information parallèle sur les 8 sorties Q0 à Q7.

Sur chaque transition positive de l'horloge, les données entrées sont décalées et mémorisées par le verrou.

Les données entrées et mémorisées dans le verrou apparaissent sur les sorties si l'entrée OE est au niveau logique haut (sorties 3 états).



Caractéristiques électriques (extrait)

Pour VCC = 5 V.

La tension de sortie au niveau haut V_{OH} = 4,9 V.

La tension de sortie au niveau bas V_{OL} = 0,1 V.

Table de fonctionnement

ENTREES				SORTIES PARARELLES		SORTIES SERIES	
CLK	OE	STB	D	Q_0	Q_n	QS_1	QS_2
↑	L	X	X	Z	Z	Q'6	NC
↓	L	X	X	Z	Z	NC	Q_7
↑	H	L	X	NC	NC	Q'6	NC
↑	H	H	L	L	Q_n -1	Q'6	NC
↑	H	H	H	H	Q_n -1	Q'6	NC
↓	H	H	H	NC	NC	NC	Q_7

H = 1, L = 0, X = sans importance, NC = pas de changement, Z = sortie en haute impédance

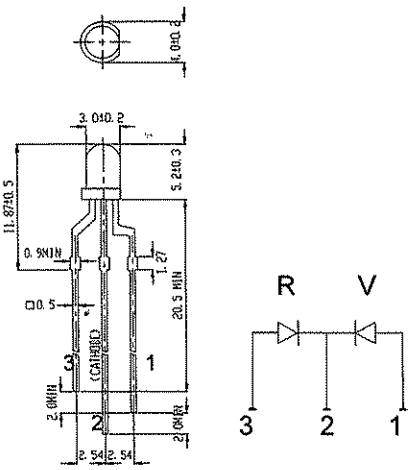
↑ = front montant, ↓ = front descendant, Q_n-1 = état logique de la sortie d'indice n-1.

Diode électroluminescente de 3mm bicolore MCL039

Les LED MCL039 sont constituées de deux LED de couleurs différentes assemblées dans le même boîtier (à 3 broches).

Une LED est de couleur verte, l'autre de couleur rouge, quand les deux LED sont allumées, la couleur résultante est orangée.

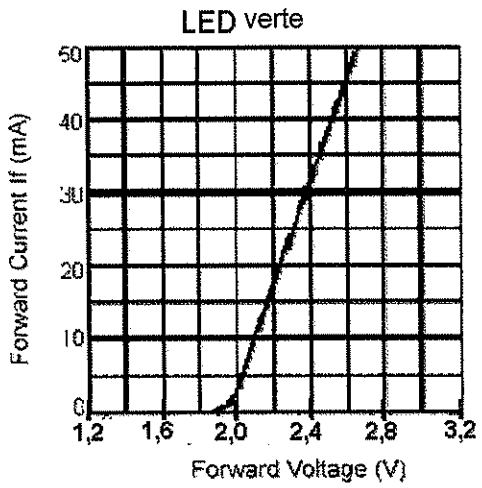
Brochage et boîtier

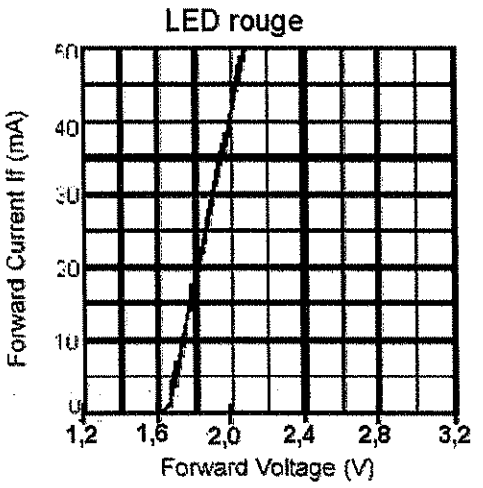


Caractéristiques électriques et optiques à Ta = 25°C

Paramètre	Symbole	Mini	Typ.	Maxi	Unité
Longueur d'onde LED verte	λ		568		nm
Longueur d'onde LED rouge	λ		660		nm
Courant direct continu	IF			30	mA
Tension inverse	VR			5	V

Courbes définissant le courant direct (IF) en fonction de la tension directe (VF) :



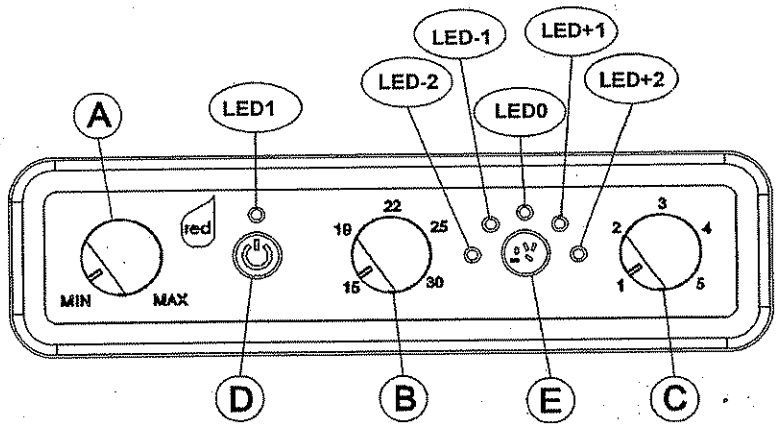


Optocoupleur CNY75GB

Caractéristiques électriques

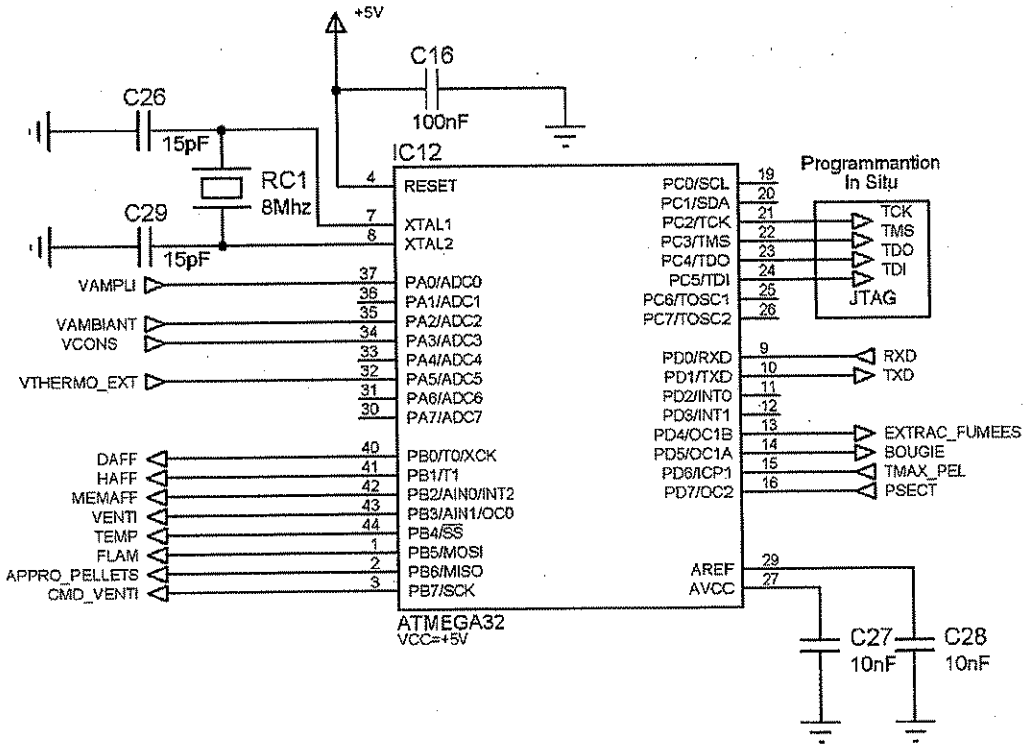
Paramètre	Conditions de test	Symbole	Mini	Typique	Maxi	Unité
Tension directe	IF = 1mA	VF		1,25		V
Tension d'isolation		V_{ISO}		5000		V
Rapport IC/IF	IF = 1mA	CTR	30			%
	IF = 10mA	CTR	100		200	%
Tension de saturation	IC = 1mA	VCEsat		0,1	0,3	V

Signalisation des alarmes de fonctionnement



SIGNALISATION LED	TYPE DE PROBLÈME
LED-2	Allumage manqué du feu.
LED-1	Extinction anormale du feu.
LED0	La température du réservoir des granulés de bois dépasse le seuil de sécurité prévu. Surchauffe de la structure à cause d'une dissipation réduite de la chaleur.
LED+1	Fonctionnement anormal du ventilateur des fumées.
LED+2	Température des fumées trop élevée ou panne de la sonde fumées.

Schéma structurel de FP1

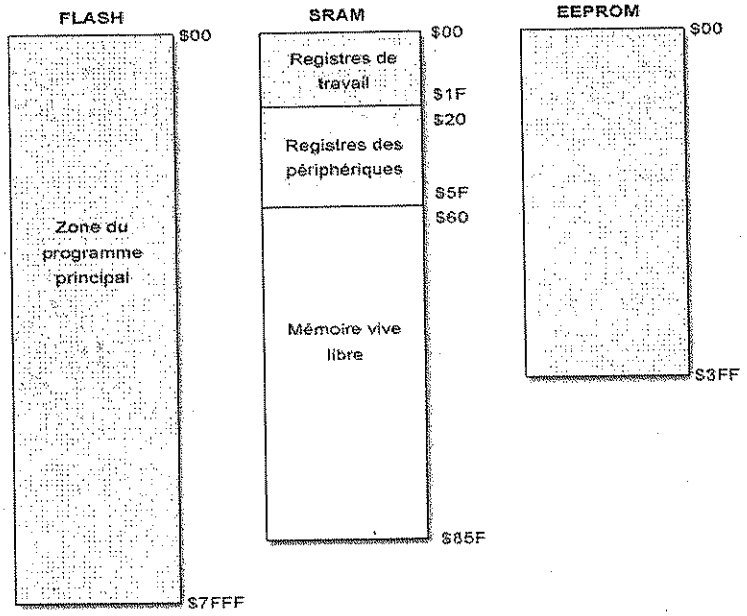


Microcontrôleur ATmega32

Microcontrôleur AVR 8 bits, haute performance, faible consommation.

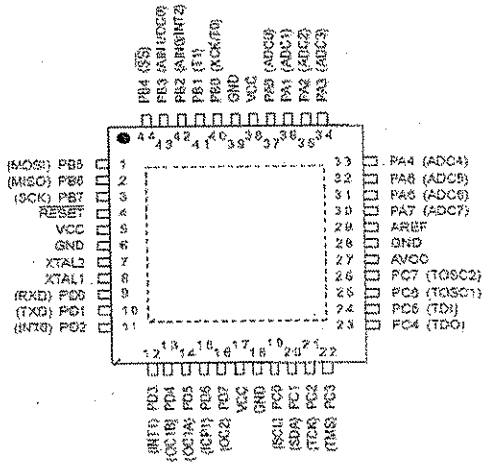
- Fréquence d'horloge jusqu'à 16 MHz.
- Mémoire non-volatile de grande durée (rétention garantie 100 ans à 25°C).
- Mémoire de programme FLASH 32 K octets, organisée en16 K x 16 bits, programmable in situ.
- 1 K octets de mémoire EEPROM pour la sauvegarde de données utilisateur.
- Temps typique d'écriture d'un octet en EEPROM de 8,5 ms.
- 2 K octets de mémoire de données SRAM.
- Tension d'alimentation 4,5 V à 5,5 V.
- CAN 10 bits, 8 voies.
- Horloge temps réelle à oscillateur séparé avec quartz externe.
- Interface série programmable USART.
- 32 entrées/sorties logiques programmables.

Organisation mémoire interne :



Boîtier TQFP :

Boîtier type CMS (composant de surface) directement soudé sur le circuit imprimé.



CAN de l'ATmega32.

L'ATmega32 dispose d'un convertisseur analogique numérique 10 bits à approximation successive pouvant être lu sur 8 bits. Ce convertisseur peut être connecté à 8 voies analogiques d'entrées sélectionnables.
Par sélection, la tension de pleine échelle est, soit appliquée sur AVCC, soit une source interne de référence de 2,56 V.

La relation donnant le résultat de la conversion est :

$$M = \frac{VIN \cdot 2^n}{Vref}$$

avec

VIN : tension d'entrée à convertir ;

M : résultat exprimé en décimal ;

n : résolution 8 ou 10 bits selon l'usage ;

Vref : tension de référence pour la pleine échelle AVCC = +5 V ou VREF = 2,56 V selon la sélection.

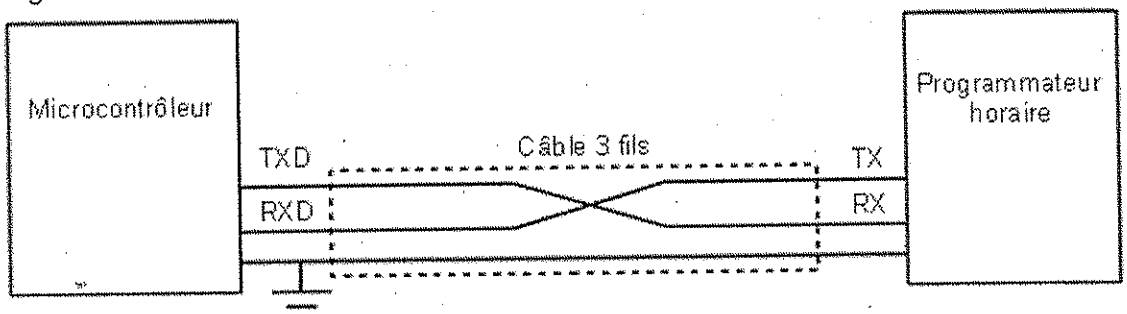
Liaison série de type RS-232

RS-232 est une norme standard du bus de communication bidirectionnel de type série sur trois fils (un fil de transmission de données TXD, un fil de réception de données RXD et la masse). La standardisation est électrique, mécanique et protocolaire.

Les liaisons RS-232 sont fréquemment utilisées dans l'industrie pour échanger des données entre deux appareils électroniques. Elles utilisent généralement un protocole de transmission asynchrone (il n'y a pas de signal d'horloge transmis), ce qui fait que pour fonctionner, les deux appareils devront préalablement être configurés à la même vitesse de transmission (en bps ou bit par seconde).

La vitesse de transmission correspond au débit maximal de la liaison série. Dans ce cas, l'information est transmise en continu sans temps de repos et la vitesse est définie en considérant tous les bits constituant la trame de transfert de données (avec les bits de Start et de Stop). Exemple de vitesse normalisée : 9600 bps.

Câblage de la liaison série:



On se limitera ici à la définition protocolaire des signaux en sortie du microcontrôleur.

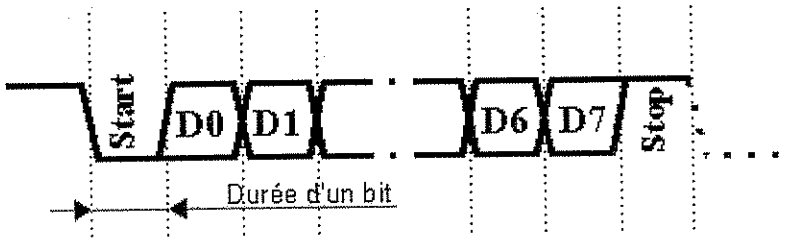
Pour les échanges d'octets entre le microcontrôleur du poêle et le programmateur horaire, chaque trame sur TXD sera composée de :

- 1 bit de départ (Start) ;
- 8 bit de données ;
- 1 bit d'arrêt (Stop).

Quand la ligne est au repos, TXD est au niveau logique 1.

Le début de la trame est donné par le bit de départ (un niveau logique 0). Puis viennent les données (le caractère) : le bit de donnée de poids faible est envoyé en premier suivi des 7 autres. A la fin, le bit d'arrêt remet la ligne TXD au niveau logique 1. Une nouvelle trame peut alors commencer, ou bien TXD restera au repos (au niveau logique 1).

Représentation d'une trame (soit 10 bits à transmettre) :



On utilise ici la logique positive : un niveau logique 1 = 5 V; un niveau logique 0 = 0 V.

Courbe de réponse de FS51

VFUMEES en fonction de (T°Fumées):

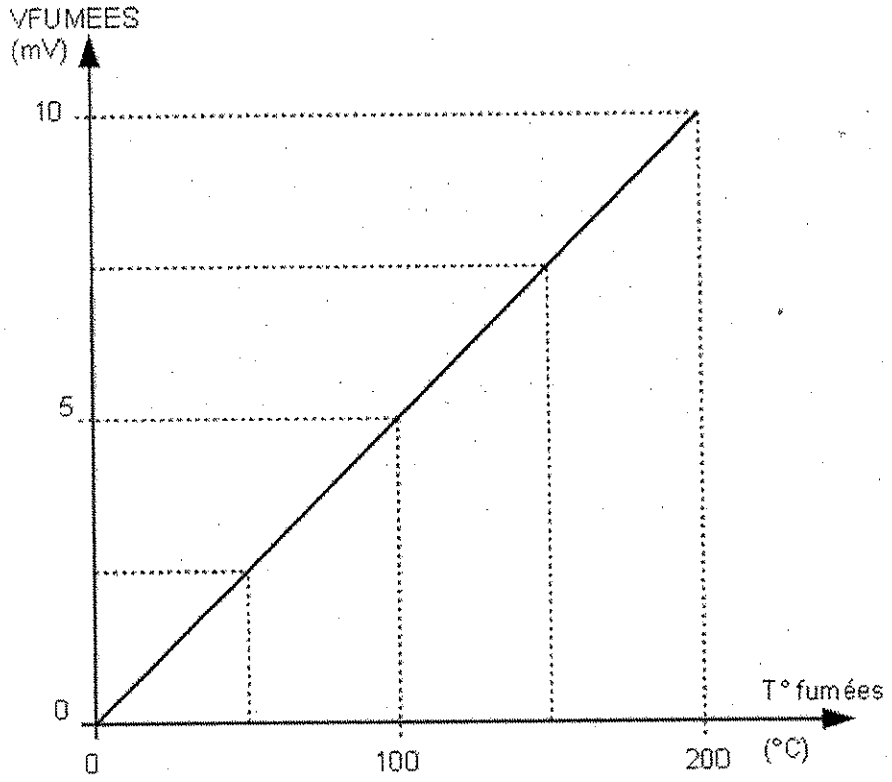
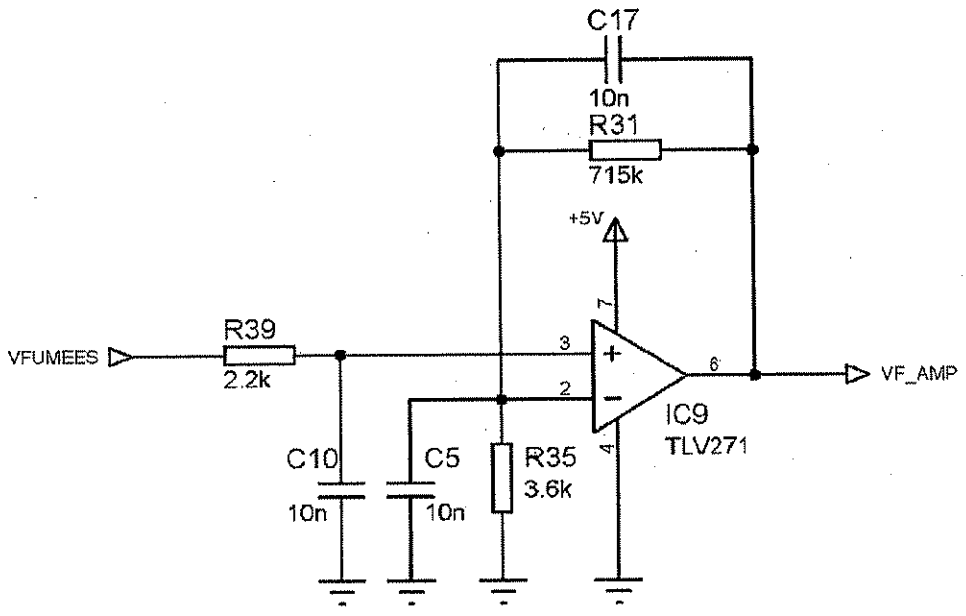


Schéma structurel associé à la fonction amplification FS52

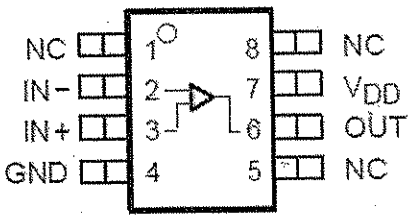
Schéma structurel non simplifié de FS52:



Amplificateur linéaire intégré TLV271

Caractéristiques générales.

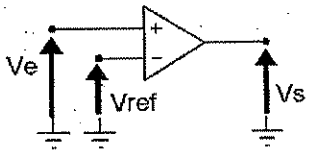
- La tension de sortie est comprise entre +VCC et 0 V (pas de tension de déchet).
- Tension d'alimentation de 2,7 V à 16 V.
- Impédance d'entrée très élevée : ri = 1000 GΩ (courant d'entrée nul).



Applications typiques

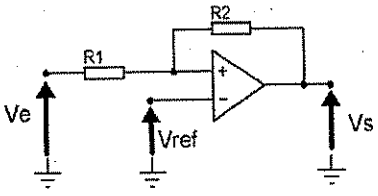
En fonctionnement non linéaire:

Comparateur 1 seuil:



Vs = VCC si Ve >Vref;
Vs = 0 si Ve <Vref.

Comparateur à 2 seuils (non inverseur):

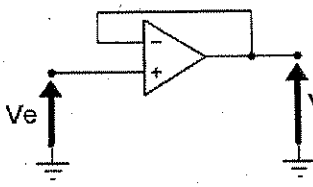


Avec les 2 valeurs de Vs, les seuils Vth sont donnés par :

$$Vth = \frac{R1+R2}{R2} Vref - \frac{R1}{R2} Vs$$

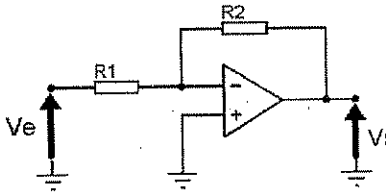
En fonctionnement linéaire:

Montage suiveur:



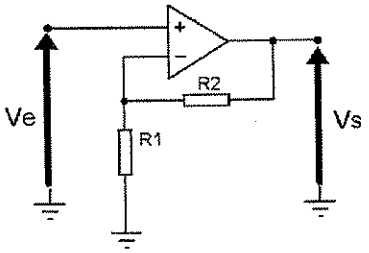
$$\frac{Vs}{Ve} = 1$$

Amplificateur inverseur:



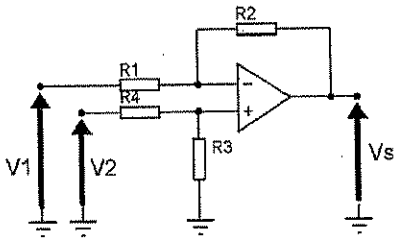
$$\frac{Vs}{Ve} = \frac{-R2}{R1}$$

Amplificateur non inverseur:



$$\frac{Vs}{Ve} = \frac{R1+R2}{R1}$$

Amplificateur de différence:



Avec

$$k = \frac{R1+R2}{R1}$$

$$Vs = k\left[\frac{R3 \cdot V2}{R3+R4} - \frac{R2 \cdot V1}{R1+R2}\right]$$